

ORMARNAS (SERPENTES) MAKROSKOPISKA ANATOMI

MATHILDA SJÖHOLM 2018

Lisensiaatintutkielma

Kirjallisuuskatsaus

Eläinlääketieteellisen biotieteiden osasto

Eläinlääketieteellinen anatomia ja kehitysbiologia

Eläinlääketieteellinen tiedekunta

Helsingin Yliopisto

2018



Tiedekunta - Fakultet - Faculty		Osasto - Avdelning – Department	
Eläinlääketieteellinen tiedekunta		Eläinlääketieteellisen biotieteiden osasto	
Tekijä - Författare - Author			
Mathilda Sjöholm			
Työn nimi - Arbetets titel - Title			
Ormarnas (serpentes) makroskopiska anatomi			
Oppiaine - Läroämne - Subject			
Anatomia ja kehitysbiologia			
Työn laji - Arbetets art - Level		Aika - Datum - Month and year	Sivumäärä - Sidoantal - Number of pages
Lisensiaatin tutkielma		03.2018	42
Tiivistelmä - Referat – Abstract			
<p>Antalet ormar ökar hela tiden som sällskapsdjur och därmed även som patienter hos veterinärer. Veterinärer bör känna till ormarnas grundläggande anatomi för att kunna utföra allmänundersökning, provtagning och behandling på det mest ändamålsenliga sättet. I denna litteraturöversikt är det meningen att sammanfatta och presentera ormarnas makroskopiska anatomi, med basis på de studier som hittills har gjorts, för att underlätta veterinärernas dagliga arbete och vidareutbildning. Ormarnas fylogeni och utveckling behandlas kort för att klargöra vissa anatomiska aspekter. Ormar hör till fjällbärande kräldjur och ormarnas ursprung har länge varit en källa för dispyt men det har kommit nya studier som stöder härstamningen från landlevande ödlor som börjar gräva ner sig. Detta har lett till en tillbakabildning av lemmar och förlängning av ormarnas kropp. Ormars anatomi skiljer sig starkt från de till veterinären kända däggdjuren, även om de grundläggande aspekterna är lika. Exempelvis har ormar ett nervsystem, blodomlopp, matsmältningskanal, urinsystem, motsvarande könskörtlar, lever, bukspottskörteln o.s.v. Form, placering och delvis funktion kan skilja sig från däggdjuren. De största skillnaderna är att ormar saknar lemmar och organen är anpassade efter den tubformade strukturen. Ormar har alltså motsvarande organ, med några större avvikelser: ormar kan ha giftkörtlar och huggtänder. Andra stora skillnader är att ormar har ett hjärta med endast tre hjärtrum, huvudsakligen en fungerande lunga och en lungsäck. Övriga detaljer som skiljer sig är att ormarnas njurar avviker i anatomi och funktion. Istället för skilda öppningar för urin, könsmaterial och avföring öppnar de sig alla in i en gemensam kloak. Ormar har dessutom lymfhjärtan men inga lymfknutar. Könsorganen skiljer sig starkt från däggdjuren då hanarna har två hemipenisar och honor lägger antingen ägg eller föder levande ungar. Även ormarnas yttre och sinnesorgan är anpassade till ormarnas sätt att leva. Exempelvis ormars hud avviker i och med att ormar har fjäll och att huden är väldigt flexibel. Gällande sinnesorganen har ormarna dålig syn, ett väldigt bra luktsinne och en del ormar känner även mycket små temperaturförändringar m.h.a. s.k. groporgan. Grunden till allt, nervsystemet, är uppbyggt på samma sätt som hos däggdjur men t.ex. hjärnans cortex är inte veckad så som hos däggdjuren, utan slät.</p>			
Avainsanat - Nyckelord - Keywords			
Anatomi, ormar, serpentes			
Säilytyspaikka - Förvaringställe - Where deposited			
HELDA – Helsingin yliopiston digitaalinen arkisto			
Työn johtaja (tiedekunnan professori tai dosentti) ja ohjaaja(t) - Instruktör och ledare - Director and Supervisor(s)			
Johtaja: Antti Iivanainen Ohjaaja: Juha Laakkonen			

Innehåll

1 INTRODUKTION	1
2 URSPRUNG OCH UTVECKLING	2
3 KROPPSPLAN	4
4 HUD	6
5 STÖDSTRUKTURER	7
6 HJÄRNA OCH NERVSYSYSTEM	9
7 SINNESORGAN	11
7.1 ÖGON	11
7.2 ÖRON	12
7.3 LUKTSINNE	12
7.4 GROPORGAN (LÄPPGROPAR)	13
8 SKÖLD- OCH BISKÖLDKÖRTLAR	15
9 BRÄSSEN	16
10 HJÄRTA OCH BLODOMLOPP	17
10.1 Hjärtat	17
10.2 Artärerna	18
10.3 Vensystemet	19
10.4 Pulmonära cirkulationen	20
11 LYMFATISKA SYSTEMET	21
12 LUFTSTRUPE OCH LUNGOR	22
13 MATSMÄLTNINGSKANALEN	23
13.1 Tunga	23
13.2 Tänder	23
13.3 Giftkörtlar	24
13.4 Magsäck, tarmar och kloak	25
14 LEVER, GALLBLÅSA, BUKSPOTTSKÖRTEL OCH MJÄLTE	28
14.1 Lever	28
14.2 Gallblåsa	28
14.3 Bukspottskörtel	28
14.4 Mjälte	30
15 URINSYSTEMET OCH BINJURARNA	32
16 FÖRÖKNINGSSYSTEM	33
16.1. Honor	33
16.2 Hanar	33
16.3 Doftkörtlar	34

17 DISKUSSION.....	35
18 KÄLLOR	38

1 INTRODUKTION

I denna avhandling behandlas ormarnas (underordning *serpentes*) makroskopiska anatomi och för ormar specialiserade strukturer på en allmän nivå. För att klargöra en del anatomiska strukturer behandlas även ormarnas fylogeni och utveckling i korthet. Kunskapen om exotiska arters anatomi, däribland ormar, är svårtillgänglig och vetskap om skillnaderna i anatomin mellan däggdjur och ormar är därför bristfällig hos många veterinärer. Samtidigt växer antalet ormar som hålls som sällskapsdjur. Meningen med detta arbetet är att underlätta arbetet för veterinärer som behandlar ormar, genom att presentera och sammanfatta de studier som hittills har gjorts om ormarnas makroskopiska anatomi. Meningen är även att erbjuda en lättillgänglig sammanfattning om ormars anatomi, tillgänglig för alla veterinärer, även om de inte behandlar ormar på daglig basis. En god kunskap i anatomi underlättar vidareutbildning inom ormmedicin genom att ge en grund att bygga sin kunskap på. Kunskap inom anatomi underlättar att förstå hur olika sjukdomar utvecklas, hur ormar uppfattar sin omgivning och grundläggande aspekter i allt från provtagning till behandling av ormar. Även om målet inte är att vidareutbilda sig så hjälper grundläggande kunskap om ormar att behandla akuta sjukdomsfall, något alla veterinärer är skyldiga att göra. Speciellt inom kirurgin är en detaljerad kunskap av djurens anatomi essentiell, men utan ens ytlig kunskap om anatomi kan redan allmänundersökningen av en orm vara svår, bristfällig eller till och med farlig.

Underordningen ormar (*serpentes*) hör till ordningen fjällbärande kräldjur (*squamata*) som i sin tur hör till klassen kräldjur (*reptilia*) (Miller och Fowler 2015). Ormarna är en väldigt varierande grupp med över 3000 stycken arter (Martill m.fl. 2015), som har tagit sin plats i nästan alla ekologiska nischer (Gartner m.fl. 2010). De lever i öken, regnskogar, berg och hav. De har dessutom en otrolig förmåga att röra sig genom att kräla, gräva, klättra, simma och glida genom luften. Alla ormar är predatorer som äter allt från insekter till stora däggdjur (Martill m.fl. 2015). Trots detta så är kroppsplanet hos ormarna väldigt konserverat genom alla arter. Längden på ormarna skiljer sig mellan arterna men alla ormar saknar lemmar, de är avlånga och deras anatomi är modifierad för att passa ihop med en tubliknande kroppsform (Gartner m.fl. 2010).

2 URSPRUNG OCH UTVECKLING

Det har länge varit mycket diskussion och osäkert varifrån ormar egentligen härstammar. Det finns flera studier som visar att ormar härstammar från ödlor vars lemmar har tillbakabildats och vars kropp har förlängts. Den dispytbildande frågan har dock varit om de härstammar från akvatiska, landlevande, nedgrävande reptiler, eller om de är en blandning av dessa (Da Silva m.fl. 2018). Enligt en ny studie har man nu kommit fram till att den mest sannolika bakgrunden till övergången från ödlor till ormar är att ödlorna började gräva ner sig. Det vill säga att ormarna idag härstammar från landlevande ödlor som började gräva ner sig, detta ledde till förlusten av lemmar och den förlängda kroppen som stöder ett liv under marken. Efter att denna typ av ormar uppkom, har ormarna återigen spritt ut sig i olika nischer och lever idag både på land och i vatten (Da Silva m.fl. 2018). Före denna studie kom ut var man alltså inte säker på om ormar härstammar från nuförtiden utdöda ödlor eller om de hade ett akvatiskt ursprung (Martill m.fl. 2015). Man hade hittat ormar med fyra lemmar, redan innan Da Silvas studie, som tyder mera på att de härstammar från land än från havet. Fossilerna av ormen *Tetrapodophis*, som detta baserar sig på, härstammar från Gondwana och skiljer sig anatomiskt från andra ormar. Den har exempelvis fyra lemmar, långa böjda tår och vissa olikheter i ryggkotorna (Martill m.fl. 2015). Med basis på andra fynd, t.ex. ögats anatomi, ligger ormen närmare akvatiska ryggradsdjur än landlevande. Ormarna anses, enligt vissa källor, härstamma från akvatiska förhållande för att anatomin av deras ögon påminner mera den hos fiskar än den hos ödlorna (Caprette m.fl. 2004). Ormar har även förlorat en del anatomiska strukturer som är vanliga hos landlevande djur. Dessa är t.ex. tårkörtlar, tredje ögonlocket och de raka yttre ögonmusklerna (*retractor bulbi*) (Caprette m.fl. 2004). Med basis på detta anser en del av forskarna att dagens ormar härstammar från havsormar med bakben. Andra studier visar att benen inte är en gammal rest, utan att dessa havslevande djur är ormar som har utvecklat lemmar på nytt. Dessa samma forskare anser att de mest primitiva ormarna idag, är nedgrävande (burrowing), blinda ormar (blindsnakes) samt anilioider. Detta stöder i sin tur teorin om att ormar härstammar från ryggradsdjur som har grävt ner sig (Caprette m.fl. 2004).

Idag känner man flera olika familjer av ormar. Fyra stora familjer är boaormar (*boidae*, t.ex. anakonda, kungsboa), snokar (*colubridae*, t.ex. majsorm), giftsnokar (*elapidae*, t.ex. mamba, kobra) och huggormar (*viperidae*, t.ex. skallerorm). Skillnaderna mellan dessa familjer visar till viss mån hur stor skillnad det förekommer mellan olika ormarter (O'Malley 2005). Boaormarna hör till de mest primitiva ormarna. Anatomiska strukturer som stöder påståendet

om att de är en primitiv familj är t.ex. de rudimentära utskott de har nära analöppningen. De har dessutom två halsartärer, två lungor m.m. vilka är strukturer som inte förekommer hos mera utvecklade arter. Andra egenskaper hos boafamiljen, är att deras medlemmar är stora, de stannar bytet genom att klämma det och en del arter har även läppgropar (sinnesorgan för igenkänning av infraröd strålning). Snokfamiljen är den ormfamilj som innehåller flest arter. Snokfamiljens medlemmar finns utspridda så gott som över hela världen och de flesta är ofarliga för människan. Dessa är mera utvecklade än boafamiljen. Detta märks anatomiskt genom att de har endast en fungerande lunga och en halsartär (den vänstra). Giftsnokarna är närbesläktade med snokfamiljen men dessa är mera utvecklade. Anatomiskt skiljer sig giftsnokarna från andra ormfamiljer genom att de har små huvuden och främre huggtänder. En del arter i giftsnoksfamiljen är väldigt giftiga. Den fjärde familjen, huggormarna, är dock de mest utvecklade. Huggormarna finns rikligt över jordklotet förutom i Australien. Dessa tenderar att vara ganska korta och mulliga med breda huvuden. Anatomiska tecken på att de är en mycket utvecklad art är att de har endast en halsartär, en fungerande lunga och de har dessutom en rörlig överkäke. Underfamiljen näsgropsormarna (*crotalinae*, pit viper) har även ett groporgan (värmekänsliga receptorer mellan ögonen och näsborrarna) (O'Malley 2005).

3 KROPPSPLAN

Ormens långa skelett och kroppsform kallas serpentiform. Denna kroppsform har utvecklats som en anpassning till ormens krälande och grävande livsstil. Denna kroppsplan har förekommit flera gånger under ryggradsdjurens evolution. Utöver hos ormar kan man även se denna kroppsplan hos t.ex. caecilianer, sirener och ålsalamandrar (Woltering 2012). Ormarnas längd varierar stort. De kortaste ormarna är runt 10 – 30 cm långa medan de längsta ormarna kan uppnå 10 m (O'Malley 2005).

Genomsnittet av en orm är antingen runt, något ovoid eller triangelformad. Undersidan är dock alltid lite tillplattad för att underlätta deras krypande rörelse (O'Malley 2005). Ormar har flera sätt att röra sig på, trots avsaknaden av lemmar. Åtminstone fem stycken olika rörelsesätt har identifierats. Utöver dessa rörelsesätt kan de även böja och vrida sig (Moon 2000). På grund av deras långa men smala kroppsform är organen i allmänhet smala och långa (Anderson och Secor 2015). De högra organen är vanligtvis större och ligger mera kranialt i förhållande till motsvarande organ på vänster sida (O'Malley 2005).

Alla ryggradsdjur har en gemensam axial struktur som är mer eller mindre indelad i olika delar (t.ex. hos däggdjur skiljer man på nack-, bröst-, länd- och svanskotor). Hos reptiler, dit även ormar hör, är det felaktigt att använda termer som används för däggdjur när det gäller bröstorgans- och ländregionen eftersom ormens kropp är väldigt lika längs med hela dess längd och saknar specialiseringar som är kända hos andra ryggradsdjur, t.ex. lemmar. Därför kallar man denna kroppsform för en deregionaliserad kroppsform (Woltering 2012).

Ormarnas allmänna anatomi är långt lika mellan de olika arterna och man kan dela upp ormen i tre delar för att underlätta beskrivningen av ormens anatomi och behandling eller planering av vård (Miller och Fowler 2015). Den första tredjedelen innehåller matstrupen (*esophagus*), luftstrupen (*trachea*), bisköldkörtlarna (*glandula parathyroidea*), brässen (*thymus*), sköldkörteln (*glandula thyroidea*), hjärtat (*cor*) (Miller och Fowler 2015), levern (*hepar*) och den vaskulära delen av lungan. Den andra tredjedelen består av lungan (*pulmo*) eller lungornas sackulära del (Anderson och Secor 2015), fortsättningen av matstrupen, levern (levern börjar i första tredjedelen men fortsätter in i den andra (Miller och Fowler 2015)). I den andra tredjedelen finns även magsäcken (*ventriculus*), mjälten, bukspottskörteln (*pancreas*), gallblåsan (*vesica fellea*), början av tunntarmen (*duodenum*) (Miller och Fowler 2015,

Anderson och Secor 2015) och könskörtlarna (*organa genitalia*) (Anderson och Secor 2015). Den sista tredjedelen innehåller resten av tunntarmen (*jejunum, ileum*), könskörtlarna (Miller och Fowler 2015, deras placering kan variera enligt årstid (Anderson och Secor 2015)), binjurarna (*glandula adrenalis*), njurarna (*ren*), blindtarmen (*caecum*), tjocktarmen (*colon*) och kloaken (*cloacae*) (Miller och Fowler 2015).

Denna indelning stämmer väl med majoriteten av ormar men den relativa placeringen av organen i kroppshålan varierar mellan olika arter och olika levnadsmiljöer. Exempelvis hjärtats främre kant kan variera från att den ligger vid ungefär 14 % av den totala kroppslängden, räknat från huvudet, till 43 % av den totala kroppslängden hos en annan art (Anderson och Secor 2015). Det finns teorier om att denna skillnaden beror på bland annat levnadsmiljö och fylogeni. Klättrande ormars hjärtan är mera kranialt i kroppshålan för att upprätthålla ett ordentligt tryck till hjärnan. Landlevande ormar, som inte klättrar, har ett mer distalt placerat hjärta och sjölevande arters hjärtan är mera i mitten av kroppen, vilket hjälper att upprätthålla ett gott hydrostatiskt tryck i hela kroppen när de dyker. Även fylogenetiska orsaker har bevisats påverka bl.a. hjärtats placering (Anderson och Secor 2015). Olika åldrar, kön och starka lokala påverkningar av miljön påverkar organens placering även inom en och samma art. T.ex. hos vissa arter, t.ex. huggormar, är flera organ såsom hjärta, lever, mjälte o.s.v. placerade mera kranialt hos honor i förhållande till hanar (Anderson och Secor 2015).

4 HUD

Ormens hud består av fjällen och den tunnare huden mellan fjällen. Både fjällen och den tunnare huden härstammar från överhuden (Miller och Fowler 2015). Själva fjällen består av beta-keratin och är ganska stela. Huden mellan fjällen består av alfa-keratin och är tunn samt väldigt elastisk (Miller och Fowler 2015). Detta tillåter ormens hud att sträcka ut sig då ormen sväljer ett byte (O'Malley 2005). Fjällen skyddar mot vätskeavdunstning och från skador då de krälar genom terrängen (Halliday och Adler 2008). Fjällens utseende varierar med basis på var på kroppen de finns och deras utseende hjälper till då en orm ska artbestämmas (Halliday och Adler 2008). På ryggen är fjällen mindre och på undersidan är fjällen större (O'Malley 2005). Fjällen som finns på ryggen kan antingen vara rundade eller ha vassa kanter. Fjällen kan antingen vara jämna och skinande eller mera grova i utseende. Vanligtvis överlappar fjällen varandra men vissa ormar har fjäll som inte överlappar varandra. Fjällen som finns på undersidan är breda och är arrangerade i en enda rad (Halliday och Adler 2008). Dessa är vanligtvis tjockare för att ge stöd (O'Malley 2005). Även efter analöppningen är de i en rad. Sjölevande arters fjäll är väldigt smala på undersidan av ormen och de mest primitiva ormarna har inte ens skilda fjäll på undersidan. Fjällen på huvudet är vanligtvis stora, men det finns några undantag (Halliday och Adler 2008). De flesta ormar använder olika färger som kamouflage eller som varningssignaler. Ormar som lever i fuktiga och varma klimat (där det finns mycket klorofyll) är vanligtvis gröna. Ormar som lever i öken är vanligtvis mera gul-brun-röda för att matcha sandens färg. Exempelvis korallormen, som är väldigt giftig, är färggrann för att varna byten. Den falska korallormen, som liknar den äkta korallormen till utseende, är inte giftig men använder färgen för att hålla fiender borta (O'Malley 2005).

Ormarna ömsar skinn (ecdysis) regelbundet, hur ofta det sker regleras av sköldkörteln (Miller och Fowler 2015). Ormen ömsar vanligtvis sin hud i ett stycke, hos större arter kan skinnet lossna i några mindre bitar. När ormen hålls i passliga förhållanden är huden torr och ljummen. Detta beror på att de flest arter har väldigt få körtlar i huden (Miller och Fowler 2015). Ormar saknar ögonlock och istället täcks hornhinnan av genomskinlig ytterhud (Miller och Fowler 2015), som ett specialiserat fjäll (Halliday och Adler 2008). Skallerormens skallra består av keratin som har blivit kvar i samband med skinnömsning. Vid varje ömsning lämnar ormen kvar ett förhornat segment på svansen. Det skallrande ljudet uppstår när ormen vibrerar sin svans och segmenten slår ihop i varandra (O'Malley 2005).

5 STÖDSTRUKTURER

Ormarnas långa kroppsform innebär även att antalet ryggkotor har ökat mycket i förhållande till andra arter. Ormar har över 300 stycken ryggkotor (Woltering 2012), enligt vissa källor kan ormar ha till och mer 400 stycken (O'Malley 2005). Detta kan man jämföra med t.ex. musen, som har totalt 60 stycken ryggkotor (Woltering 2012). Till varje ryggkota finns det ett par revben och stora axiala skelettmuskler. Varje ryggkota har fem stycken artikulationer till följande ryggkota. De många artikulationerna tillsammans med det stora antalet ryggkotor ger ormen dess flexibla ryggrad (O'Malley 2005). Stora muskelgrupper binder ihop ryggkotorna samt revben. Musklerna möjliggör även ormarnas rörelse. Hypaxiala och epaxiala muskler går längs med alla ryggkotor som tillsammans med senor utökar flexibiliteten men ger även en viss stabilitet. Mellanrevbensmuskler och de hypaxiala musklerna deltar förutom i rörelse, även i andning och matsmältning (O'Malley 2005).

Utöver antalet ryggkotor, har förlängningen även inneburit förändringar i ryggradens morfologi. Bröstkorgen har homogeniserats och blivit längre medan lemmarna och axel- samt höftstrukturer har minskat i storlek eller helt försvunnit, det vill säga, ormarnas kroppsform är deregionaliserad (Woltering 2012). Ormar har alltså inte någon specifik nack-, bröst- eller ländregion. En del rester av dessa strukturer syns ännu idag i ormarnas anatomiska struktur hos vissa arter. Precis som hos däggdjur saknar de två första ryggkotorna revben hos ormar. Kobran har en specialstruktur där dess första ryggkotor har långa böjda revben som den kan rotera utåt. Huden som omger dessa fylls sedan med luft från lungorna, vilket skapar det kända utseendet hos kobran (O'Malley 2005). Ormar saknar även bröstben och revbensbrosk. Revbenen fästs med muskler direkt till den inre sidan av magsidans fjäll. Efter analöppningen finns det inte längre revben, detta är ormarnas svans. Svansen är alltid kortare än själva kroppen. Här finns dock korta utskott dorsalt och ventralt från ryggkotorna som skyddar de s.k. lymfhjärtorna (O'Malley 2005).

Ormar saknar även synliga lemmar. Hos primitiva arter så som boaormar och pytonormar (Woltering 2012, O'Malley 2005) finns det rudimentära utskott vid kloaköppningen (Woltering 2012). Dessa utskott finns lateralt om kloaköppningen och de är täckta med keratin. De artikulerar med ben inne i kroppen (rudimentära höftben) och med hjälp av muskler som är fästa till dessa ben kan ormen röra dessa utskott. Utskotten används t.ex. i samband med förökning (O'Malley 2005). Man har aldrig hittat någon sorts indikation om att ormar har haft lemmar fram. Hur lemmarna har tillbakabildats är inte klart (Martill m.fl. 2015).

Ormens huvud är utvecklat så att ormarna kan svälja byten som är stora i förhållande till huvudets storlek. Detta gör att den långa ormen får tillräckligt med näring från ett byte samtidigt som de kan behålla sin lätta och snabba struktur. Ormens huvud är väldigt flexibelt och alla delar är rörliga. Ormar har inget kindben (temporal arch), mellanvägg mellan ögonen och de har inte heller något mellanöra (O'Malley 2005).

Alla de ben, till vilka tänder är fästa kan röra sig skilt och hjärnan omges av ett tjockt benlager för att undvika skador från byten som hålls fast i munnen (O'Malley 2005). Underkäkens symfys är inte förbenad, utan underkäkens ramar är fästa till varandra med ett ligament (Miller och Fowler 2015). Det flexibla fästet av underkäkeshalvorna, tillsammans med flexibel hud tillåter att underkäkens halvor rör sig ifrån varandra samt framåt och bakåt i förhållande till varandra (O'Malley 2005). För att underlätta sväljningen av hela byten har ormen dessutom ett fyrkantigt ben (quadrate bone) mellan underkäken och skallen (Miller och Fowler 2015). Detta ben artikulerar med underkäken och palatomaxillära bågen i överkäken. Lederna här är väldigt lösa, vilket möjliggör stor flexibilitet (O'Malley 2005). Det är alltså felaktigt att underkäken skulle gå ur led när ormen sväljer stora byten. Denna extra led gör så att ormen kan öppna sina käkar ca 180 grader (Miller och Fowler 2015). Hos vissa mera utvecklade arter av huggormar är detta extra ben förlängt samt lutar bakåt och uppåt. Denna unika struktur ger dessa arter den berömda triangelformade huvudformen. Utöver detta fungerar den vänstra och högra halvan av övre och nedre käken skilt. Detta underlättar sväljningsprocessen av stora byten då de i princip kan "gå" framåt över bytet. Ormar gäspar vanligtvis efter att ha svält ett byte, vilket tänjer och hjälper alla ben att komma på rätt plats igen (O'Malley 2005).

6 HJÄRNA OCH NERVSYSTEM

Ormarernas nervsystem definieras som hos övriga ryggradsdjur. Det centrala nervsystemet (CNS) består av hjärnan och ryggmärgen och det perifera nervsystemet (PNS) består av all annan nervvävnad utanför CNS (Wyneken 2007). Ormar har både ett subduralt och epiduralt utrymme i hjärnan. Det endokraniala utrymmet är minimalt hos ormar. Hjärnan och ryggmärgen omges av klar likvor, denna fyller även ventriklarna i hjärnan och centralkanalerna i ryggraden. Likvor produceras av tela choroidea, en specialiserad struktur som finns i den dorsala mitthjärnan (Wyneken 2007). Ryggmärgen sträcker sig längs med hela ryggraden och en bra bit in i svansen. Cauda equina finns inte hos ormar. Två hjärnhinnor omger hjärnan och ryggmärgen, den yttre är den starka hårda hinnan (*dura mater*) och på hjärnans yta finns leptomeninx (denna term betyder "tunn hinna") som är mera delikat. Spindelvävshinnan (*arachnoidea mater*) och det subarahnoidala utrymmet finns ej hos ormar. Likvor finns mellan de två hjärnhinnorna. Det epiduralt utrymme innehåller vener, inte likvor. Hjärnan består av tre delar; framhjärnan, mitthjärnan och bakhjärnan (Wyneken 2007).

Framhjärnan är lång och består av ändhjärnan, *telencephalon*, samt mellanhjärnan, *diencephalon*. Neocortex avsaknas. De laterala och de tredje ventriklarna finns i framhjärnan. De kraniala nerverna 0 (*nervus terminalis*) och 1 (luktnerven) når ändhjärnan. *Nervus terminalis* innerverar mellanväggen i näshålan. Framhjärnan tar emot information från luktsinnena och processerar även information från talamus. Storhjärnans (*cerebrum*) hemisfärer är inte veckade (Wyneken 2007). Ändhjärnan består av luktloberna, luktstjälkarna, *pedunculus olfactorius*, och storhjärnans hjärnhalvor. Luktloberna är fäst via luktstjälkarna till storhjärnans rostrala del. Mellan de två luktloberna går en fåra. Luktlobernas storlek och form varierar något beroende på ormart. Den största delen av hela hjärnan är storhjärnans hjärnhalvor. Dessa blir gradvis bredare i lateral riktning ju mer kaudalt man går. Hjärnhalvorna är delade av en fåra som löper i mittlinjen rostralt till kaudalt. Hjärnhalvornas storlek och form varierar beroende på art. Mellanhjärnan består av hypofysen, denna finns ventralt i förhållande till hjärnhalvorna (Allemand m.fl. 2017). Mellanhjärnan består även av hypotalamus och talamus, epifysen (tallkottskörtel) och synnervskorsningen. De kraniala nerverna II (synnerven) och III (ögonrörelsenerven) når denna del av hjärnan. Epifysen är inte välutvecklad hos ormar (Wyneken 2007).

I mitthjärnan finns fyrhögsplattan (*tectum*) och tegmentum som omger hjärnakvedukten (Wyneken 2007). Mitthjärnan (*mesencephalon*) ligger kaudalt om storhjärnans hjärnhalvor.

fyrhögsplattan bildar taket av på mitthjärnan. Storleken på denna varierar mellan arter (Allemand m.fl. 2017). Fyrhögsplattan är en parig lob som tar emot både ljud- och synintryck (Wyneken 2007).

Bakhjärnan består av metencefalon och myelencefalon. Till metencefalon hör lilla hjärnan, främre medullan (Allemand m.fl. 2017), hjärnbryggan (Wyneken 2007), fjärde ventrikeln och hit kommer de kraniala nerverna V (trigeminusnerven), VI (abducensnerven), VII (ansiktsnerven), VIII (balans-hörselnerven), IX (tung- och svalgnerven) och X (vagusnerven) (Wyneken 2007). Till myelencefalon hör arcuatuskärnan, *medulla oblongata*, och de kraniala nerverna XI (accessoriska nerven) och XII (hypoglossala nerven). Lilla hjärnan består av en stor kropp, *corpi cerebelli*, och mindre flockulus. Kroppen av lilla hjärnan är indelad i tre anatomiska och funktionella delar (Wyneken 2007). Arcuatuskärnan ligger ventralt i förhållande till innerörat (Allemand m.fl. 2017).

Hjärnan omges av ben som kan delas in i följande delar; frontal- och hjässbenet längst fram (rostralt), två nackben längs bak (kaudalt, supraockipital- och exockipital benen) och lateralt prootics och ventralt basiockipitala och para-basisphenoida benet. Själva hjärnan hos ormen är jämn (ej veckad). Formen på hjärnan varierar mellan olika arter, så även storleken (Allemand m.fl. 2017).

Ryggmärgen motsvarar den hos andra ryggradsdjur, yttre delen består av vit materia och i mitten grå materia som är organiserad i dorsala och ventrala horn. Hos ormar blir ryggraden tjockare ungefär vid mitten av kroppen. Till PNS hör de pariga ryggradsnerverna som kommer lateralt från ryggmärgen och avlägsnar sig via öppningar mellan ryggkotorna. Ormar har lika många ryggradsnerver som de har ryggkotor. Ormar antingen saknar eller har förminskade arm- och lumbosakralplexusar (Wyneken 2007).

7 SINNESORGAN

7.1 ÖGON

Ormar har ganska dålig sikt (O'Malley 2005), speciellt vad det gäller objekt som står stilla (Halliday och Adler 2008). De mera primitiva ormarna, som även finns idag, har små ögon som täcks av tjocka fjäll och därför fungerar de knappt alls (Halliday och Adler 2008). Ormar har i allmänhet ganska små ögon med en relativt stor hornhinna. De har inte skilda ögonlock, utan ögonlocken har gått ihop och bildat ett lock över ögats hornhinna, (O'Malley 2005) en s.k. spectacle. Ormar har alltså inte rörliga ögonlock så som många andra ryggradsdjur på land har. Mellan hornhinnan och detta lock finns en tårfylld kammare som kallas subspektakla utrymmet. Tårar produceras av den s.k. Harderianska körteln (Souza m.fl. 2015). Den Harderianska körteln upptar en stor del av ögonhåleområdet. Dess form varierar något mellan olika arter. Den kan bestå av en eller flera lobber. Lobberna kan antingen omge ögat inne i ögonhålan eller ha en del utanför benhåligheten. Körteln utsöndrar slem. Körteln är fäst i den främre delen av ögonhålan slemhinna (konjunktiva). Gången från körteln öppnar sig in i tårkanalen. Tårkanalen öppnar sig på hornhinnans yta, in under spectacle (Rehorek m.fl. 2003). Tårkanalen öppnar sig alltså i den ventronasala området av det subspektakla utrymmet (Souza m.fl. 2015). Tårkanalen är väldigt kort och går ihop med nasolakrimala gången precis efter att den harderianska körteln gång har gått ihop med tårkanalen. Den nasolakrimala gången löper inne i ben, längs med näsbenet, lateralt. Den gör sedan en skarp sväng som gör att den ställer sig medialt i förhållande till det vomeronasala organet. Tårkanalen öppnar sig alltså in i den mediala delen av det vomeronasala organet, in i kanalen (Rehorek m.fl. 2003). Hur tårkanalen löper till det vomeronasala organet varierar mellan olika arter t.ex. hur många svängar den gör, exakt var i benstrukturen den går samt var den öppnar sig rostralt. Tårvätskan hamnar slutligen i munhålan (Souza m.fl. 2015).

Ögats rörelser är ganska begränsade och fokuseringen är svag (O'Malley 2005). Ormar har ögon som påminner mera om fiskars än om ödlors ögon. Ormar fokuserar sin blick genom att lägga tryck på ögonvitan med förstörade irismuskler (Caprette m.fl. 2004). Ciliarkroppen är liten hos ormar (O'Malley 2005). Detta leder till att ögonvitan rör sig framåt i ögongloben (Caprette m.fl. 2004). Ödlor i sin tur spänner och slappnar av ciliära muskler som påverkar linsens storlek. De faktorerna som stöder teorin om att ormar härstammar från fiskar är den platta hornhinnan (cornea), förtjockad hornhinnemarginal, sfäriska linser och blodkärl på

näthinnans yta. Dagens utvecklade ormars ögon påminner till stor del om blindormarnas ögon och skiljer sig mera från de grävande ormarnas. Blindormarnas ögon å sin del påminner till en del även om de grävande ormarnas ögon (Caprette m.fl. 2004).

Pupillens form varierar enligt ålder och miljön. Den kan vara rund, elliptisk och t.o.m. horisontal. Ormar har både stavar och tappar på sin näthinna. Dock har en del av arterna tappat sina stavar (O'Malley 2005). Ormars nervbanor till fyrehögsplattan i hjärnan avsaknas helt och hållet eller är organiserade i färre lager och med en lägre komplexitet i förhållande till andra reptiler (Wyneken 2007).

7.2 ÖRON

Ormar har inga yttre öronstrukturer, de har inte heller en trumhinna. De har endast en smal tympanisk gång. Hörselbenet stigbygeln (stapes) är direkt fast i kvadratbenet (quadrate bone). Ormar plockar upp vibrationer i marken via kvadratbenet, vilket fungerar lite som en trumhinna. Vibrationerna förs vidare till stigbygeln och innerörat som är välutvecklad. Ormars hörsel är ändå begränsad och de hör endast frekvenser på 150 – 600 Hz (O'Malley 2005). Ormar hör ljud både via luften och via marken (Miller och Fowler 2015). Ormar har inte heller örontrumpet (Mitchell och Diaz- Figueroa 2005) eller mellanöra (O'Malley 2005).

7.3 LUKTSINNE

Luktsinnet är det mest utvecklade sinnet hos ormar (O'Malley 2005). Luktsinnet är indelat i två olika system hos ormar; det vomeronasala organet (eller Jacobson's organ) och det egentliga luktorganet. Det egentliga luktorganet tar emot alla typer av doftsignaler medan det vomeronasala organet känner igen lukten från byten samt artspecifika molekyler så som feromoner (Kondoh m.fl. 2011). Ormar har receptorer för luktmolekyler i näsans slemhinna men även i det vomeronasala organet. Det vomeronasala organet är två håligheter i muntaket som är täckt med en slemhinna som har rikligt med receptorer för luktsignaler. Det vomeronasala organet är alltså en bilateral och tubulär struktur som finns vid basen av den nasala mellanväggen. Denna hålighet öppnar sig rostralt till munhåligheten och eller till näshålan (Martinez- Marcos m.fl. 2002). Ormen sticker ut sin tunga genom håligheten i främre delen av munnen (lingual notch eller fossa (O'Malley 2005), filtrum (Miller och Fowler 2015)).

Ormen sticker sedan sin tudelade tunga upp i muntaket, in i vomeronasala organet, och på det viset färdas luktsignalerna sedan vidare till hjärnan (O'Malley 2005). Det vomeronasala organet finns i en hålighet som är en förstoring av vomern (Iwasaki m.fl. 1996).

Båda luktorganen täcks av epitel med receptorer för luktmolekyler som för signalen vidare till den egentliga luktloben och det vomeronasala organets signaler förs till den extra luktloben (*bulbus accessorius*) (Kondoh m.fl. 2011). Därifrån färdas signalen vidare till de områden i ändhjärnan som representerar dessa två (Martinez- Marcos m.fl. 2002). Båda epitelen är täckta med slem i vilket luktmolekylerna löser upp sig och når receptorerna. Slemmet skyddar även epitelet från att torka ut och från infektioner (Kondoh m.fl. 2011).

7.4 GROPPORGAN (LÄPPGROPAR)

Det finns två ormfamiljer som har groporgan d.v.s. infraröda receptorer; boaormarna och underfamiljen näsgropsormarna som hör till familjen huggormar (Moon 2011). Dessa ormar kan känna igen bytens exakta plats, även i mörker (Halliday och Adler 2008), med basis på bytets kroppsvärme med hjälp av receptorer på huvudet (O'Malley 2005). Dessa receptorer finns i en fördjupning eller hål, på varsin sida av huvudet ungefär mitt emellan ögat och näsborren (Moon 2011). Mönstret hur dessa förekommer och hur många de är, är beroende på art (O'Malley 2005). Fördjupningen är flera gånger större än näsborren (Moon 2011) och är riktade framåt (Halliday och Adler 2008). Hos huggormar delas håligheten i två kamrar med ett membran. Den yttre kammaren har en stor öppning till omgivningen och den inre kammaren kommunicerar med ytterluften via en kanal som öppnar sig rostralt om ögat, kommunikationen med omgivningen regleras med hjälp av en sfinkter (Moon 2011).

De som hör till boaormarna har receptorer i deras labiala fjäll (s.k. läppgropar), antingen utan specialiserade strukturer (Moon 2011) (mellan fjällen hos boaormar (Halliday och Adler 2008)) eller så finns fjället på basen av en specialiserad hålighet (Moon 2011) (hos pytonormar inne i fjällen (Halliday och Adler 2008)). Näsgropsormar är mycket känsligare för infraröd strålning i förhållande till boaormarna p.g.a. skillnaden i organets anatomi och hur djupt placerade receptorerna är. Trigeminiusnerven innerverar membranet hos näsgropsormarna. Membranet innerveras av ögonnerven och två överkäksgrenar av trigeminiusnerven. Dessa för informationen vidare till samma sida av arcuatuskärnan (Moon 2011). Eftersom det är ögonnerven som innerverar dessa organ, anses det att dessa ormar kan skapa en bild av

omgivningen med hjälp av dessa organ (Miller och Fowler 2015). Motsvarande värmekänsliga nervändor är fördelade över botten på varje hål hos boaormarna. Dessa organ är även rikligt försedda med blodkärl, speciellt hos näsgropsormarna (Moon 2011). Dessa receptorer är så känsliga att de kan detektera en temperaturförändring så lite som 0,003 grader celsius (O'Malley 2005).

8 SKÖLD- OCH BISKÖLDKÖRTLAR

Sköldkörteln är en väldigt konserverad struktur hos ryggradsdjur. Hos alla ryggradsdjur har sköldkörteln motsvarande follikulära struktur och funktion. Den grova anatomiska strukturen kan dock variera mellan olika arter (Rupik 2011). Hos ormar ligger sköldkörteln precis kranialt om hjärtat, d.v.s. ventralt i förhållande till luftstrupen (O'Malley 2005) och kaudalt i förhållande till brässen. Sköldkörteln är en enda struktur utan par (Rivera och Lock 2008).

Det finns fyra bisköldkörtlar. De mest rostrala finns nära underkäken bakre kant (O'Malley 2005), nära halsartären (Rivera och Lock 2008) och dess förgrening (Oguro 1970). Det kaudala paret ligger nära brässen, precis rostralt om hjärtat (O'Malley 2005). Det kaudala paret kan vara fästa till halsvenens vägg. Dessa kan vara svåra att skilja från brässens vävnad. De rostrala paret varierar vanligtvis mera i storlek i förhållande till det kaudala paret (Oguro 1970). Dessa är sfäriskt formade, svagt genomskinliga, gul- eller rosaktiga strukturer. Bisköldkörtlarna omges av bindvävnad. De är sinsemellan, i ett par, av ungefär samma storlek hos en och samma individ. De är vanligtvis små, 0,5 – 2 mm i diameter. Storleken kan variera enligt årstid (Srivstav m.fl. 1995).

9 BRÄSSEN

Brässen ligger precis kranialt om sköldkörteln på luftstrupen. Brässen förblir även hos vuxna individer, även om den är väldigt tunn (O'Malley 2005). Brässen består av två lober. Brässen har ett skal (cortex), som består huvudsakligen av bindvävnad och en märg som innehåller rikligt med lymfocyter. Brässens utseende och sammansättning varierar enligt årstiderna (Hussein m.fl. 1979).

10 HJÄRTA OCH BLODOMLOPP

10.1 Hjärtat

Hjärtat ligger kranioventralt i förhållande till stället där luftstrupen delar sig i två. Hjärtat är i viss mån rörligt då det inte finns något mellangärde för att hålla det på plats. Detta möjliggör även att större matbitar slipper förbi i matstrupen (O'Malley 2005). Hjärtat är avlångt och ganska smalt (O'Malley 2005), men dess storlek varierar t.ex. enligt vad och när ormen har ätit (Jensen m.fl. 2010).

Ormarnas hjärta består av tre hjärtrum. De har två förmak (atrium), med en fullständig mellanvägg och en gemensam kammare (ventrikel) (O'Malley 2005). Höger förmak är relativt stor i förhållande till kammaren. Mellan venerna och den högra förmaken finns s.k. *sinus venosus*, detta är en utvidgning som tar emot blod från hjärtats kransven och från tre större systemiska vener. Mellan denna venösa hålighet och den högra förmaken finns en klaff som reglerar inflödet av blod. Den vänstra förmaken får blod från en enskild lungven. Mellan lungvenen och den vänstra förmaken finns ingen klaff. Mellan de två förmaken finns en tunn mellanvägg. Mellan förmaken och kammaren finns det en atrioventrikulär klaff (Jensen m.fl. 2010).

Kammaren är avlång i kraniokaudal-riktning, den är också något tillplattad dorsoventralt. Hos ormar är kammaren ofullständigt indelad i tre delar, indelningen är mera anatomisk än funktionell. De tre delarna har namngivits på följande vis: vänster del (*cavum arteriosum*), mediala delen (*cavum venosum*) och den högra delen (*cavum pulmonale*). Dessa delar skiljs ofullständigt åt med en muskulär kam, en bulbuslamell och den vertikala väggen. Eftersom det finns endast en kammare utan ofullständiga indelningar är blodtrycket samma i både den systemiska och pulmonära cirkulationen och blod kan överföras relativt fritt mellan de två systemen enligt utgående motstånd i artärerna (Jensen m.fl. 2010). Hjärtat hos pyton skiljer sig klart från andra ormar genom att dessa har ett hjärta som kan skapa ett lägre tryck i den pulmonära cirkulationen i förhållande till det systemiska. Hos dessa är den vänstra delen av kammaren den största och har tjockast vägg. Den högra delen är mindre med tunnare vägg och den mittersta är förminskad. I praktiken har pytonormarna en kammare som är indelad i två delar. Hos pytonormar innehåller de muskulära mellanväggarna även bindvävnad som möjliggör uppkomsten av tryckskillnaden inne i hjärtat (Jensen m.fl. 2010).

Kranskärnen förgrenar sig från höger aorta. Kranskärnen löper ventralt på kammarens yta, där den går runt basen på förmaken, från höger. På den ventrala sidan löper kranskärnen mot apex litet till vänster om kammarens mittlinje. Dorsalt löper kranskärnen ner mot apex något till höger av mittlinjen (Jensen m.fl. 2010).

10.2 Artärerna

Från hjärtat går den gemensamma lungartären och de två aortorna. Mellan de utgående artärerna och kammaren finns halvmåneklafter. Dessa artärer går ut kranialt från hjärtat tillsammans och vrider sig. Artärernas väggar är fast i varandra och denna helhet kallas för *truncus arteriosus* (Jensen m.fl. 2010). Från hjärtat kommer höger och vänster aorta (O'Malley 2005), dessa delas vid basen av hjärtat och löper åt varsitt håll (Chapman och Conklin 1935) för att sedan igen gå ihop till en dorsal aorta (O'Malley 2005) strax kaudalt om hjärtat (Chapman och Conklin 1935).

Från den högra aortan förgrenar sig halsartären som stiger kranialt, på vänster sida av luftstrupen (Chapman och Conklin 1935). Halsartärerna är asymmetriska. En del arter har båda, medan mera utvecklade arter har endast den vänstra och den högra är rudimentär (O'Malley 2005). Halsartären går upp till huvudet och längs med vägen går förgreningar från denna till matstrupen, luftstrupen, sköldkörteln och övriga körtlar. Från den högra aortan förgrenar sig även flera mellanrevbensblodkärl. Efter att halsartären har förgrenat sig från den högra aortan böjer den sig och delar sig i lika stora blodkärl. Dessa är den högra nedåtgående aortan och den främre kotartären. Den högra nedåtgående aortan går ihop med den vänstra aortan precis kaudalt om hjärtat och den främre kotartären stiger längs med mittlinjen, dorsalt på luftstrupen. Den främre kotartären förgrenar sig på sin väg kranialt och ger upphov till bl.a. mellanrevbensblodkärl och blodkärl till kroppsväggen (Chapman och Conklin 1935).

Den vänstra aortan böjer sig och löper i kaudal riktning på vänster sida av hjärtat, och litet dorsalt i förhållande till matstrupen (Chapman och Conklin 1935). Den gemensamma aortan, efter att höger och vänster aorta har gått ihop, löper sedan längs med mittlinjen, dorsalt, ända till svansändan. Längs med vägen avviker blodkärl till den dorsala kroppsväggen, bl.a. mellanrevbensblodkärl, och blodkärl till inre organ samt fett kroppar (Chapman och Conklin 1935).

Både artärer och vener är jämnt utdelade segmentalt till muskler och huden. En epigastrieartär löper ventralt och medialt längs med hela kroppen nära den främre abdominala venen. Mellan

epigastrieartären och andra artärer förekommer anastomoser som förser epigastrieartären med blod (Chapman och Conklin 1935).

10.3 Vensystemet

Ventralt, längs med kroppen, går en stor ven tillbaka till hjärtat. Denna är viktig med tanke på kirurgi (O'Malley 2005). I svansen finns det en enda ven som delas i två vid höjden av kloaköppningen. Till båda förgreningarna går ett lymfkärl var från lymfhjärtorna och ett blodkärl från kloaken. När dessa tre kärl går ihop på varsin sida, bildar de den sidans njurven som går till njuren och samlar blod därifrån. De två utgående venerna från njurarna (en från var sida) går ihop och bildar nedre hålvenen som även tar emot blodkärlsförgreningar från könsorganen, binjurarna, fettkroppar och från den dorsala kroppsväggen. Hålvenen går kranialt mot hjärtat, ventralt i förhållande till levern. Förgreningar från tarmarna, magsäcken, mjälte och en del från fettkropparna går ihop till leverportvenen, som löper nära nedre hålvenen enda tills den tar slut. Den abdominala venen löper ventralt, vid kroppsväggen längs epigastrieartären, och vener från fettkropparna går ihop med denna ven. Den abdominala venen går dock inte ihop med leverportvenen eller nedre hålvenen. Från den abdominala venen finns det förgreningar till den vänstra halsvenen nära hjärtat (Chapman och Conklin 1935).

I nackregionen går det en kotven på den högra sidan nära kroppsväggen. Till denna tömmer sig mellanrevbensvener. Denna kotven går ihop med den högra halsvenen precis ovanför hjärtaurikeln. Den azygotiska venen samlar blod från den dorsala kroppsväggen runt hjärtat och går i hop med den högra halsvenen precis ovanför hjärtaurikeln. Den vänstra halsvenen går nära halsartären och tar emot blod från den vänstra kroppsväggen och organ i nackområdet innan den dyker ner dorsalt om den vänstra aurikeln för att sedan gå ihop med den högra halsvenen (Chapman och Conklin 1935).

Ormar har även ett s.k. ryggradsplexus som löper från skallbasen ända till slutet på svansen. Denna är nära kopplad till det paravertebrala lymfsystemet. Genom detta vensystem löper blod då trycket är för högt i andra vensystem av någon orsak. Detta vensystem är viktigt hos t.ex. klättrande ormar då halsvenen faller ihop p.g.a. tryckförändringarna (Zipper m.fl. 2001).

10.4 Den pulmonära cirkulationen

Ormar har en enda lungartär som löper från kammaren (Soldt m.fl. 2014). Denna böjer sig från aortaknippet, litet till höger om stället där aortaknippet fördelar sig (Chapman och Conklin 1935) och nära det vänstra förmakets kraniala del. Här förekommer skillnader mellan olika ormar. De har en eller två huvudsakliga grenar av lungartären (Soldt m.fl. 2014). Lungartären går ner under hjärtat, den löper precis invid nedre hålvenen. Lungvenen löper nära dessa två upp tillbaka till hjärtat (Chapman och Conklin 1935).

11 LYMFATISKA SYSTEMET

Lymfkärlen är prominenta hos ormar (O'Malley 2005). Lymfkärlen är stora och många, de omger så gott som alla blodkärl och andra ligger nära ryggraden, vilken de följer lateralt. Lymfkärlen kan vara större än artärerna och venerna, det finns även mindre lymfkärl. I vissa områden kan t.o.m. lymfkärlens skidor omge blodkärlen som ett täcke. Lymfkärl som följer aortan förstoras in till en säckliknande struktur och delvis omger en del viskerala organ och samlar upp lymfa från dessa. Lymfkärl som följer aortan omger denna ända från punkten var de lämnar hjärtat ända tills dess kaudala ända. Även de blodkärl som förgrenas från aortan, t.ex. mellanrevbensblodkärlen, omges av lymfkärl. Vid mitten av levern går aortan dorsalt vid mittlinjen av kroppshålan, lymfkärl följer denna. De följer även blodkärlen som går kranialt. Halsartären och den vänstra halsvenen är inte omgivna av lymfkärl. Både lungartären och nedre halsvenen omges av samma lymfkärlsmembran. Lungvenen ligger inte under detta membran. Ormens fett är organiserad till en serie av lobulin, s.k. fettkroppar. Dessa omger tarmen och andra organ. Dessa omges av en säckliknande struktur bildad av lymfkärlens väggar. Enskilda lymfkärl går även in i dessa. Egentliga lymfknutar har ej hittats hos ormar (Chapman och Conklin 1935).

Lymfan töms in i vensystemet via halsvenen (nära hjärtat) eller njurvenen (via lymfhjärtorna). Vid hjärtbasen bildas en säckliknande struktur av lymfkärlen som kallas jugulariska lymfsäcken. Hit öppnar sig flera olika lymfkärl och säcken öppnar sig in i halsvenen (Chapman och Conklin 1935). Kaudalt i kroppen öppnar sig lymfkärlen in i vensystemet via njurvenen på var sida av mittlinjen, via lymfhjärtorna. Utvidgningar av lymfkärlen kallas för lymfhjärtan (lymph hearts). Dessa finns på varsin sida av mittlinjen i svansen (O'Malley 2005). De omges av ben och muskler. Svansens rörelser hjälper alltså att pumpa lymfa framåt. Båda lymfhjärtan har två öppningar ventralt till njurvenen och tre dorsalt vart lymfkärl öppnar sig (Chapman och Conklin 1935).

Ormar har även lymfatiska ansamlingar i matsmältningskanalen (gut-associated lymphoid aggregates, GALT). Detta är områden i matsmältningskanalen med en högre täthet av lymfocyter på ett litet område mellan mukosa och submukosa. GALT finns huvudsakligen i tunntarmen, tjocktarmen och matstrupen. GALT i tunntarmens sista del, ileum, har avlånga aggregat som påminner mycket om däggdjurens "Peyer's patches" men de är mindre i storlek hos ormarna. Magsäcken innehåller väldigt lite lymfatiskt vävnad, förutom lite GALT i pylorus (Hussein m.fl. 1979).

12 LUFTSTRUPE OCH LUNGOR

Ormarnas glottis ligger mot koanan då munnen är stängd, d.v.s. dorsalt. När munnen är öppen syns glottis väl. Glottis och övre delen av luftstrupen är mycket rörlig och kan röra sig lateralt i samband med att ormen sväljer byten så att de kan andas samtidigt som de sväljer. Ormar har inte stämband, ljuden de gör uppstår genom att de klämmer ut luft genom luftöppningen (O'Malley 2005).

Luftstrupen har ofullständiga broskringar. Brosket är ventralt och den dorsala delen, ungefär en fjärdedel av omkretsen, består av membran. Hostreflexen är svag eller saknas hos ormar och lungvävnaden är skör (O'Malley 2005). De mera primitiva arterna har två lungor (boaormar, pyton) och mer utvecklade arter har en lunga, den högra (Miller och Fowler 2015) t.ex. huggormsfamiljen (O'Malley 2005). Även när de har båda lungorna är den högra lungan den dominerande och den vänstra lungan är mindre i storlek eller rudimentär (Miller och Fowler 2015). Den högra lungan sträcker sig från hjärtat till precis kranialt om den vänstra lungan (O'Malley 2005). Ormarnas lungor är utsträckta strukturer med en enda kammare hos de flesta arter. Den respiratoriska delen omges rikligt med blodkärl och kallas även för den vaskulära delen. Det mest kaudala segmentet, d.v.s. luftsäcken, fungerar som luftlager och kan även användas i försvar s.k. "puffing" (Miller och Fowler 2015). I luftsäcken sker inget gasutbyte (O'Malley 2005). Denna kallas även för den sackulära delen eftersom den saknar lungvävnad. Hela lungstrukturen sträcker sig vanligtvis långt längs med kroppen, men de relativa förhållanden av den vaskulära och sackulära delen (Lillywhite m.fl. 2012) och storleken på lungorna varierar mellan olika arter (O'Malley 2005). Den vaskulära delen är i regel förhållandevis längre hos akvatiska arter och kortare hos landlevande arter (Lillywhite m.fl. 2012). Luftsäcken kan sträcka sig så långt som till kloaken hos akvatiska arter (O'Malley 2005).

Hos vissa arter kan den dorsala delen av lungan sträcka in i luftstrupen. Även där sker gasutbyte (O'Malley 2005). Denna del kallas för trakeal lunga (Soldt m.fl. 2014). Det egentliga gasutbytet sker i de kraniala delarna av lungan eller lungorna (Miller och Fowler 2015) som består av en kammare (O'Malley 2005).

13 MATSMÄLTNINGSKANALEN

13.1 Tunga

Alla ormar är köttätare, vilket gör att deras matsmältningskanal är relativt simpel. Ormarnas tunga är viktig för smak, lukt och beröring. Ormarna upptäcker sin omgivning med hjälp av tungan. Tungan är smal, lång och väldigt rörlig. Tungans ända är delad i tu. Tungan finns under glottis och början av luftstrupen (O'Malley 2005). Tungans yta är ganska slät, inga papiller finns på tungans yta (Iwasaki m.fl. 1996). Ormen kan sträcka ut tungan genom en öppning (filtrum) mellan ormarnas läppar utan att ormen behöver ens öppna munnen (O'Malley 2005).

13.2 Tänder

Ormarnas tänder är långa, tunna och böjda bakåt. Deras uppgift är att hålla kvar bytet i munnen, de används inte för att tugga (O'Malley 2005). Ormar har flera tandgenerationer, detta betyder att de har nya tänder på lager när de föregående faller bort (Richman och Handrigan 2010). Varje tand håller bara några månader innan de faller bort och de sväljs då med bytet (O'Malley 2005).

Ormar har en rad tänder i den nedre käken på varsin sida. I den övre käken varierar tandmönstret. Ormar har vanligtvis parallella rader av tänder på varsin sida av överkäken (Richman och Handrigan 2010). En rad på båda maxillära benen och en på palatinala eller pterygoidala benen i överkäken. Det vanliga antalet rader är alltså sex stycken. Antalet tänder varierar mellan olika arter (O'Malley 2005). Ormar har flera salivkörtlar; *glandulae palatinae*, *gll. linguales*, *gll. sublinguales*, *gll. labiales*. I dessa produceras rikliga mängder saliv (O'Malley 2005).

Många utvecklade ormar använder gift med eller utan att klämma sina byten för att sedan kunna svälja dem. För att kunna förgifta sina byten har de körtlar där giftet produceras och giftet transporteras sedan ut längs med kanaler till specialiserade giftförmedlande huggtänder. Huggtänderna kan förekomma på olika ställen på överkakens ben. Ormar kan även delas in enligt förekomsten av huggtänder. Antingen har de inga specialiserade huggtänder (t.ex. boaormar och pytonormar) eller så är huggtänderna framme i munhålan (t.ex. kobran och huggormar) eller längre bak i munhålan (Vonk m.fl. 2008). Hos vissa arter, t.ex. giftsnokarna

(O'Malley 2005) är tänderna fast i överkäken så att de alltid står ut (Zahradnicek m.fl. 2008). Hos andra arter, t.ex. huggormarna, är huggtänderna de enda tänderna som finns på överkäken (O'Malley 2005) och överkakens framände är förkortad (O'Malley 2005) och rörlig. Ormen kan alltså röra överkäken (Zahradnicek m.fl. 2008) genom att spänna pterygomusklerna, vilket lyfter palatopterygoidbenet (O'Malley 2005). När benet lyftes uppåt står huggtänderna rakt ut och i viloläge ligger de parallellt med överkäken. De främre huggtänderna har antingen fåra på sin yta (Zahradnicek m.fl. 2008) eller är tubulära, d.v.s. giftet rinner längs en kanal inne i tanden. De bakre tänderna är aldrig tubulära. De är antingen intakta eller så har de en fåra på ytan av tanden. Fårans djup varierar mellan olika arter (Vonk m.fl. 2008). De tubulära tänderna har en öppning på den ventrala sidan av tanden, vid tandens ände. Genom dessa hål färdas giftet in i bytet. Vid basen av huggtanden finns det en öppning som kommunicerar med giftkanalen som går till giftkörteln. Ormar har även s.k. reservhuggtänder, d.v.s. även dessa byts ut med jämna mellanrum (Zahradnicek m.fl. 2008).

13.3 Giftkörtlar

Ormarnas giftkörtlar tros härstamma från vanliga salivkörtlar som har funnits i association med tänderna. Dessa körtlar har utsöndrat aktiva ämnen som har fungerat som substrat. Hos ormarna har dessa körtlar utvecklats mycket och är väldigt betydelsefulla. Ormar som har huggtänder placerade framme i munhålan, har även giftkörtlar som motsvarar den s.k. Duvernoy's körteln. Med Duvernoy's körtel avses giftkörtlar som saknar muskler och tubulära huggtänder, d.v.s. giftkörteln hos ormar med huggtänder bak i munhålan kallas så (Fry m.fl. 2012). Det ansågs att giftkörteln hos ormar med främre huggtänder var en separat struktur (O'Malley 2005). Namngivningen gavs på felaktiga grunder och används inte mera. Idag bör ordet "giftkörtel" användas istället för Duvernoy's körtel för alla giftutsöndrande körtlar (Fry m.fl. 2012).

Giftkörtlarna ligger huvudsakligen kaudalt om ögonen, ovanför läpparna (O'Malley 2005). Giftkörtlarnas struktur och plats varierar väldigt mycket mellan olika arter (Fry m.fl. 2012). Själva giftkörteln varierar även i storlek mellan olika ormarter. Vissa arters körtlar saknar muskulatur, få arter har även ett tunt muskellager runt körteln som kan hjälpa till att klämma ut giftet från körteln. En tredje grupp, t.ex. huggormar, har ett tjockare muskellager runt körteln som möjliggör, tillsammans med en del andra muskler, en väldigt snabb utförsel av giftet från körteln till tänderna (Fry m.fl. 2012). T.ex. kobran kan spotta giftet så långt som 2 meter

(O'Malley 2005). Vissa ormar har utvidgningar (*vestibulum*) vid giftkörteln, andra nära huggtanden. Vissa arter saknar denna helt och hållet. Från giftkörteln går en kanal till huggtänderna, kanalens diameter och placering varierar mellan olika arter (Fry m.fl. 2012). Huvudsakligen går de längs rostrala överkäken (O'Malley 2005). Kanalens öppningspunkt varierar mellan arterna men öppnar sig nära huggtänderna och huvudsakligen på deras ventrala sida. Giftkörtlarna har atrofierat och huggtänderna har delvis minskat hos arter som istället har utvecklat sin konstriktionsförmåga eller äter lätta byten såsom ägg (Fry m.fl. 2012). Ormar som har bakre huggtänder saknar ett muskellager runt sina giftkörtlar och lumen i körteln, och därmed giftlagret, är mindre i jämförelse med ormar med främre huggtänder (Fry m.fl. 2012). Ormar med bakre huggtänder är i allmänhet mindre giftiga än de med främre huggtänder, med undantag för Boomslang (O'Malley 2005).

13.4 Magsäck, tarmar och kloak

Esofagus, d.v.s. matstrupen är en tubaktig struktur som börjar vid svalget och tar slut där magsäcken börjar. Slemhinnan är veckad i matstrupen. Muskellagret löper längs med hela matstrupen. Det inre lagret är cirkulärt och det yttre är longitudinellt. Musklerna är glatta muskelceller och hela lagret är relativt tunt (Khamas och Reeves 2011). Den axiella muskulaturen deltar mycket i att transportera maten framåt. Matstrupen är väldigt uttänjbar för att låta även stora byten transporteras genom. Matstrupens första del är fäst i de första ryggkotorna hos vissa äggätande ormar. Detta hjälper till att söndra ägget så att innehållet fortsätter till magsäcken och skalet regurgiteras (O'Malley 2005).

Matstrupen övergår till magsäcken, vid övergångspunkten finns en liten förtjockning (Khamas och Reeves 2011). Det finns ingen välutvecklad sfinkter, vilket gör det lätt för ormen att regurgitera. Magsäcken är relativt liten så byten blir delvis kvar i matstrupen när matsmältningen redan börjar i magsäcken (O'Malley 2005). Magsäckens position varierar litet beroende på om ormen nyligen har ätit eller ej (Khamas och Reeves 2011). Magsäckens form varierar något mellan olika arter från en mera säckformad till S- eller spiralformad (Banzato m.fl. 2012). Magsäckens längd är ungefär hälften av matstrupens och kan delas in i två delar; den utan körtlar och den med körtlar. Den körtelfria delen kommer först och sträcker sig en liten bit in i magsäcken. Sammansättningen av väggen påminner om matstrupen. Även här är slemhinnan veckad, en stor skillnad är att det inre cirkulära muskellagret är mycket tjockare än

det yttre longitudinella lagret (Khamas och Reeves 2011). Muskellagret är klart tjockare i hela magsäcken i förhållande till matstrupen. Man kan även se skillnader mellan olika delar av magsäcken, den mera distala delen (pylorus) är mycket tjockare än de mera proximala delarna av magsäcken.

Efter den körtelfria delen av magsäcken, d.v.s. mera distalt, kommer delen där det finns körtlar. Denna del av magsäcken kan i sin tur delas i två delar, baserat på hur mycket körtlar det förekommer. Den mera proximala delen börjar genast efter delen där det inte finns några körtlar alls. Delningen mellan dessa två delar är skarp. Muskellagret blir genast tjockare, körtlar börjar förekomma och slemhinnan är plötsligt mera veckad i förhållande till delen som inte innehåller körtlar. Mängden körtlar och veckens storlek ökar ju mera distalt man rör sig i magsäcken. Det inre cirkulära muskellagret är fyra gånger tjockare än det yttre longitudinella lagret i denna del av magsäcken (Khamas och Reeves 2011).

Den sista delen av magsäcken är pylorus (Khamas och Reeves 2011). Pylorus är placerad mediodorsalt i förhållande till gallblåsan (Banzato m.fl. 2012). Lumen av magsäcken har minskat redan i den körtelrika delen av magsäcken p.g.a. av de stora vecken, och nu minskar lumens storlek ytterligare. I pylorus förekommer det ännu körtlar men i en mindre mängd. Slemhinna är veckad även här. I denna del är muskellagret väldigt tjockt och muskellagret sträcker sig in i vecken mera än vad de har gjort i de föregående delarna av magsäcken. Speciellt det inre cirkulära lagret är extremt tjockt (Khamas och Reeves 2011).

Efter magsäcken kommer tunntarmen. Tunntarmen är spiralformad i den proximala delen (Banzato m.fl. 2012). Resten av tarmen är huvudsakligen lineär (O'Malley 2005). Vid övergången av tunntarm till tjocktarm finns det en blindtarm hos en del arter (Banzato m.fl. 2012), speciellt hos mera primitiva arter så som boaormarna. Tjocktarmen är välseparerad från kloaken med ett starkt veck. Fettkroppar finns ventralt om alla organ börjandes från ungefär gallblåsan och går ända ner till kloaken (O'Malley 2005).

Ormarnas kloak finns genast kranialt om analöppningen (Banzato m.fl. 2012). Ormens kloak är indelad i tre delar. Delarna skiljs åt med slemhinneveck (O'Malley 2005). Kloakens vägg är flexibel. Då kloaken är full är väggen tunnare och när den är halvfull eller tom är väggen tjockare och oregelbunden (Banzato m.fl. 2012). Ormens kloak består av koprodeum, urodeum och proktodeum (CUP). Koprodeum är mest dorsalt och tar emot avföring från tjocktarmen.

Urodeum är ventralt och tar emot urin och urat-material från ureterna och ägg eller avkomma via äggledarna (Miller och Fowler 2015). Det vill säga, urinvägarna och förökningsvägarna (Mitchell och Diaz- Figueroa 2005) samt koprodeum öppnar sig in i denna del. Mellan koprodeum och urodeum finns en sfinkter som reglerar hur mycket och när avföringen förs vidare. Urodeum omges av glatt muskulatur och slemhinnan är väldigt veckad (Siegel m.fl. 2011). Urinvägarna kommer genom en gemensam kanal eller via två skilda kanaler. Äggledarna når urodeum via två skilda papiller som kommer in kranialt i urodeum. Dessa kan variera väldigt mycket i storlek och hos välutvecklade arter kan de vara så små att de är svåra att känna igen. Proktodeum är den mest kaudala delen av kloaken (Siegel m.fl. 2011) och fungerar som en gemensam samlingskammare för urodeum och koprodeum (Miller och Fowler 2015). Det vill säga att urodeum öppnar sig in i proktodeum (Mitchell och Diaz- Figueroa 2005). Proktodeum omges av tvärstrimmiga muskelceller och är mycket veckad. Själva analöppningen är en gemensam öppning för avföring, urin och förökningsmaterial (in och ut hos honor). Analöppningen öppnar sig ventralt från proktodeum (Siegel m.fl. 2011).

14 LEVER, GALLBLÅSA, BUKSPOTTSKÖRTEL OCH MJÄLTE

14.1 Lever

Levern börjar precis kaudalt om hjärtat och slutar vid den kraniala delen av magen (Miller och Fowler 2015). Hos de flesta ormar finns levern i den andra tredjedelen (Banzato m.fl. 2012). Levern är avlång och kan delas in i två till tre separata lober (O'Malley 2005).

14.2 Gallblåsa

Ormar har även en gallblåsa men denna är placerad kaudalt i förhållande till levern (Miller och Fowler 2015) och skilt från denna (Banzato m.fl. 2012). Gallblåsan ligger ventrolateralt i förhållande till magsäckens pylorus, bukspottskörteln och mjälten (O'Malley 2005). Gallblåsan ligger ändå nära mjälten och bukspottskörteln (Miller och Fowler 2015). Gallblåsans plats i förhållande till mjälten och bukspottskörteln kan variera litet mellan olika arter (Moscona 1990). Gallblåsan, mjälten och bukspottskörteln kan bilda en triad i vissa arter men hos de flesta arter är det endast mjälten och bukspottskörteln som är kombinerade (Miller och Fowler 2015). Gallblåsan är ovalformad så att dess långa axel är parallell med mittlinjen (Banzato m.fl. 2012). Gallblåsan är en säckformad struktur som kan delas in i tre delar. Den proximala delen eller nackdelen, mittdelen eller kroppen av gallblåsan och den distala delen eller fundus. Det går en levergång från den kaudala delen av levern, parallellt med nedre hålvenen, in i gallblåsan dorsalt, vid nackdelen. Från gallblåsan går det en makroskopiskt synlig gallgång genom bukspottskörteln in i tarmen (Silveira och Mimura 1999).

14.3 Bukspottskörtel

Bukspottskörteln ligger mediokaudalt om gallblåsan (Banzato m.fl. 2012, O'Malley 2005) och kaudalt i förhållande till mjälten (Banzato m.fl. 2012). Bukspottskörteln är ovoid och finns på tarmkåsets kant (O'Malley 2005). Bukspottskörteln morfologi varierar väldigt mycket mellan olika arter och består vanligtvis av två lober. De olika typerna kan klassificeras i fem större grupper baserat på deras anatomi och placering i förhållande till mjälten och gallblåsan. Variationerna i anatomin har visat sig passa överens med ormarnas fylogeni. T.ex. snokfamiljen har bland de mest utvecklade bukspottskörtlarna medan boafamiljens bukspottskörteln inte är

lika utvecklad. Langerhans öar har visat sig finnas mest i delar av bukspottskörteln som är närmast mjälten. Hos en del arter har de även påträffats inne i mjälten men även då har bukspottskörteln vävnad varit klart avgränsad från mjältens vävnad (Moscona 1990).

Den typ av bukspottskörtel som har beskrivits som den mest typiska är liten och kompakt. Detta är den mest utvecklade formen och förekommer hos ormar som hör till snokfamiljen. Bukspottskörteln är då hjärtformad och fäst till tunntarmens första del, duodenum, precis kaudalt i förhållande till mjälten. Gallblåsans kärl (gallgången) går in i bukspottskörteln nära dess mitt (Moscona 1990). Hos de flesta arter med denna typ av bukspottskörtel öppnar den sig in i tarmen genom endast en gemensam öppning (ampulla), till vilken även gallgången öppnar sig. Hos vissa arter öppnar sig den dorsala loben skilt från den ventrala loben. Gallgången öppnar sig dock ändå i tarmen i samma öppning som den ventrala loben av bukspottskörteln. Hos dessa arter förekommer Langerhans öar endast i den dorsala loben, flest öar finns nära mjälten och antalet minskar mera kaudalt i loben. Endast hos vuxna individer och speciellt stora hos dräktiga honor hittades, hos enstaka arter, öar även inne i mjälten (Moscona 1990).

Hos ormar som hör till *Typhlops*- släktet ligger bukspottskörteln precis bakom gallblåsan. Mjälten börjar vid gallblåsans kraniala del och är avlång. Bukspottskörteln är mera avlång, i förhållande till snokfamiljens bukspottskörtel, och består av två delar som kommunicerar med varandra. Den främre delen, eller den dorsala loben, ligger väldigt nära och går längs med gallblåsan mot mjälten. Den dorsala loben är fäst till den bakre delen, eller den ventrala loben av bukspottskörteln, med en kort stjälk. Den ventrala loben är mera hjärtformad och fäster till duodenum precis bakom gallblåsan. Den gemensamma gallgången går in i körteln ungefär i mitten av den ventrala loben. Hos *Typhlops*- släktet finns det två öppningar från bukspottskörteln till tarmen. Den gemensamma gallgången går genom den ventrala loben och öppnar sig in i den ventrala lobens ampull. Övävnad finns endast i den dorsala loben, mest nära mjälten. Ingen övävnad har hittats inne i mjälten (Moscona 1990).

Även hos boaormsfamiljen är bukspottskörteln delad i två klara delar. Den främre delen har en rundad och utvigdad ände som är väldigt nära fäst i mjälten. Från denna går det en tunn stjälk till den bakre delen. Den bakre delen är hos en del arter kompakt och hjärtformad medan den hos andra arter (t.ex. *Python regius*) är lobulerad. Denna består av flera lobar som delvis omger den kaudala delen av gallblåsan. Gallgången förenas med bukspottskörteln nära dess bas (Moscona 1990). Hos dessa finns det endast en öppning (ampull) från bukspottskörteln till tarmen, denna ligger nära basen av bukspottskörteln. Hit når båda gångarna som finns i bukspottskörteln och de från gallgången. Hos *Python regius*, som har en lobulerad bakre lob,

finns det flera små öppningar in i tarmen och en öppning från den främre loben. Övävnad har hittats endast i den främre loben, inne i mjälten har det inte hittats bukspottskörtelvävnad (Moscona 1990).

Hos *Leptotyphlops macrorhyncus* är den bakre delen av bukspottskörteln kompakt och hjärtformad. Den bakre delen fäster till tarmen precis bakom gallblåsan. Från den bakre delen går ett avlångt, smalt utskott i kranial riktning. Bukspottskörteln hos denna art har en öppning in i tarmen på samma sätt som boaormarna. Övävnad finns endast i den dorsala loben, huvudsakligen närmast mjälten (Moscona 1990).

Hos *Malpolon monspessulanum* är båda delarna av bukspottskörteln avlånga, nästan helt separerade men är ändå fästa i varandra i ändorna. Denna bukspottskörtel ligger i duodenum's loop. Den främre delen är fäst i tarmen under pylorus, precis bakom mjälten och är förgrenad i änden i två armar, som delvis omger mjälten. Den bakre delen är fäst till duodenum. Bukspottskörteln hos denna art är förhållandevis mycket större än hos övriga arter (Moscona 1990). Denna typ av bukspottskörtel har två öppningar in i tarmen. En öppning från den främre delen som öppnar sig i den pyloriska delen av duodenum och en öppning från den bakre delen som öppnar sig i en lägre del av duodenum. Dessa öppningar är relativt långt ifrån varandra i jämförelse med andra bukspottskörteltyper. Övävnad finns endast i den dorsala loben, mest vävnad finns det nära mjälten. Förgreningarna av den dorsala loben sträcker sig även in i mjälten och därmed finns även övävnad inne i mjälten (Moscona 1990).

14.4 Mjälte

Mjälten är rundad (Banzato m.fl. 2012), eller avlång (Moscona 1990), Mjälten är brun till rödbrun i färgen, ytan är ojämn p.g.a. lymfatiska nodulan som finns inne i själva mjälten (Tanaka och Hirahara 1995). Mjälten ligger väldigt nära bukspottskörteln, något kraniolateralt om den (Banzato m.fl. 2012). Mjältens placering varierar något hos olika arter. Hos snokfamiljen ligger mjälten kaudalt gallblåsan. Mjälten är avlång och ligger nära den främre änden av gallblåsan hos *Typhlops*-arter (hör till familjen maskormar) och boaormar. Hos *Leptotyphlops macrorhyncus* ligger mjälten framför gallblåsan och är nästan lika stor som gallblåsan (Moscona 1990).

Mjälten omges av en tjock (Tanaka och Hirahara 1995) bindvävnadskapsel och från denna går det tjocka grenar genom mörgen som bär blodkärl till mitten. Mjälten får blod från den sista

gastriska grenen som även förser levern och bukspottskörteln med blod (Tanaka och Hirahara 1995). Mjälten består av en röd och vit märm. Den vita märm innehåller rikligt med lymfocyter, makrofager och retikulocyter (Hussein m.fl. 1979). Denna vävnad är organiserad i nodulan (Tanaka och Hirahara 1995). Sammansättningen i mjälten varierar med årstiden (Hussein m.fl. 1979), d.v.s. nodulorna är större under våren och hösten. Den röda märm är liten hos ormar och syns inte nödvändigtvis makroskopiskt. Under sommaren och vintern kan man skilja på den röda och vita märm lättare. I den röda märm kan man då se välutvecklade sinusoider (Tanaka och Hirahara 1995).

15 URINSYSTEMET OCH BINJURARNA

Ormar har två njurar. Den vänstra njuren är placerad kranialt om kloaken och den högra njuren är placerat kranialt i förhållande till den vänstra njuren (Banzato m.fl. 2012). Njurarna är placerade dorsalt i kroppshålan (O'Malley 2005). Den högra njuren är större än den vänstra (Bishop 1959). Njurarnas form kan variera från triangulära till ovala (Banzato m.fl. 2012). Njurarna är kraftigt indelade i 25-30 lobar och är vanligtvis ganska mörka i färg (Miller och Fowler 2015, O'Malley 2005), vanligtvis bruna (O'Malley 2005). Honornas njure är mörkare än hanarnas. Hanarnas njurar kan ha en krämig vit färg. Hanarnas njurar är blekare p.g.a. närvaron av utsöndrande celler i hanarnas "sexuella segment". Segmentet är en förtjockad del av nefronen (Bishop 1959).

Njurens lobar är vidare indelade i lobulin. Njurarna har ett ytligt skal (cortex) och en medial märm (medulla). Nefronen börjar i märgen som glomerulins nacksegment och slutar i skalet som insamlingsrör som öppnar sig in i urinledaren (Peek och McMillan 1979). Efter glomeruli kommer genast ett smalt nackområde, detta följes av det proximala segmentet, sedan det smalare intermediala segmentet. Det intermediala segmentet kan jämföras med Henle's slinga hos däggdjur och fåglar (Bishop 1959). Specialiseringen Henle's slinga finns dock inte hos reptiler (Peek och McMillan 1979). Denna följs sedan av det tjockare distala segmentet (Bishop 1959). Både det proximala och det distala segmentet rör sig både i skalet och märgen. Det korta intermediala segmentet finns i märgen (Peek och McMillan 1979). Efter det distala segmentet kommer ett mycket kort post- terminalt segment som sedan öppnar sig i insamlingsröret. Lobulernas nefroner slutar i flera insamlingsrör som sedan går ihop till större rör som slutligen öppnar sig in i urinledaren (Bishop 1959).

Urinledarna löper längsmed njurarnas ventromediala kant. Nära urinledarna löper även njurvenen och dess förgreningar. Njurartären går in i njuren i samma område och förgrenar sig till varje glomeruli (Bishop 1959). Från njurarna går urinledarna till kloaken (Miller och Fowler 2015, Banzato m.fl. 2012). Urinledarna går in i kloaken dorsalt till urodeum. Det finns alltså ingen skild urinblåsa hos ormar. Hos vissa arter kan de vara lite dilaterade innan de går ihop med kloaken (O'Malley 2005).

Binjurarna ligger medialt om könskörtlarna. Dessa är ganska rosa till färgen och finns inne i mesorkium hos hanar och mesovarium hos honor (O'Malley 2005).

16 FÖRÖKNINGSSYSTEM

Könskörtlarna ligger kranialt om njurarna och den högra ligger mera kranialt i förhållande till den vänstra (Miller och Fowler 2015). Den högra könskörteln är vanligtvis större än den vänstra. Den vänstra kan till och mer vara förminskad i storlek eller helt outvecklad (O'Malley 2005).

16.1. Honor

Äggstockarnas storlek varierar väldigt mycket enligt könscykeln, de är dessutom inte väl fästa till organhållans vägg, varav de kan röra sig i viss mån. Detta betyder att de ibland hittas medialt och ibland lateralt om njurarna (Banzato m.fl. 2012). Enligt vissa källor kan äggstockarna ligga nära triaden som bildas av gallblåsan, mjälten och bukspottskörteln eller precis kaudalt om dessa (O'Malley 2005). Äggstockarna kan vara mycket förlängda, speciellt under den aktiva reproduktionscykeln (Miller och Fowler 2015). Ibland är de små och ibland kan de sträcka sig från magsäcken till den kaudala delen av njurarna (Banzato m.fl. 2012). Från könskörtlarna går äggledarna hos honorna, dessa löper lateralt om urinledarna (Banzato m.fl. 2012). Honorna har en hålighet som omges av slemkörtlar nära ändan av äggledaren. I denna hålighet kan de lagra hanarnas sperma tills förhållandena är rätt (O'Malley 2005). Honor kan vara antingen äggläggande (ovipariga) eller så föder de levande ungar (vivipariga) (Miller och Fowler 2015).

16.2 Hanar

Hanarna har två testiklar, dessa ligger precis kranialt om njurarna. Testiklarnas storlek varierar i liten mån enligt förökningscykeln. Från dessa går sädesledarna, längs den laterala sidan av urinledarna (Banzato m.fl. 2012). Ormar har även ett annat hormonberoende organ som kallas för det sexuella segmentet. Detta finns i njurarna. Storleken på detta organ varierar även enligt förökningsperiod (Rojas m.fl. 2013). Detta är en distal del av nefronen som är tjockare i förhållande till motsvarande område hos honor och hanor innan sexuell mognad. Organet producerar sädesvätska som sedan blandas med sperma. Längden på det sexuella segmentet varierar mellan olika arter (Sever m.fl. 2002). Hanar har ett parat förökningsorgan nära svansbasen, invaginerade i en påse. Dessa kallas för hemipenisar (Miller och Fowler 2015).

Hemipenisarna är täckta av utskott eller kammar som gör att den hålls i honans kloak under parningen (O'Malley 2005), utseendet varierar mellan olika arter (Gnudi m.fl. 2009). Hemipenisarna hålls indragna i svansdelen m.h.a. av en muskel. Hemipenisarna skuffas ut av erektionsvävnad och endast ena av de två hemipenisarna används i gången, vanligtvis alternerande (Gnudi m.fl. 2009). Runt hemipenisarna finns även en annan muskel som hjälper att skuffa ut hemipenisarna (O'Malley 2005). Hemipenisarna kan kännas igen m.h.a. ultraljud, hemipenisarna är klart mindre än doftkörtlarna (Banzato m.fl. 2012).

16.3 Doftkörtlar

Doftkörtlar finns hos majoriteten av ormar. Doftkörtlarna är ett parigt organ. Hos hanar finns dessa ventralt i förhållande till de kaudala ryggkotorna, precis dorsalt om hemipenisarna. Hos honor är doftkörtlarna mera prominenta än hos hanarna. Doftkörtlarna fyller nästan hela den kraniala delen av svansen hos honorna (Banzato m.fl. 2012).

17 DISKUSSION

I ljuset av de studier som har kommit fram i denna avhandling blir det klart att ormarnas makroskopiska anatomi varierar stort mellan olika ormfamiljer, till och med mellan individer av samma art. Eftersom det förekommer stora skillnader i anatomin mellan olika arter och individer (speciellt kön och ålder inverkar) bör en orm alltid vara artbestämd innan den tas emot på en klinik. Även om det finns många olika ormarter i världen med många olika anatomiska specialiseringar, är kroppsplanen i grunden ändå den samma hos alla arter. En veterinär kan omöjligt veta vad som är onormalt utan kunskap om vad som är normalt. Ormar skiljer sig anatomiskt en hel del från de däggdjur som veterinärer i Finland är vana med. Dessa anatomiska skillnader är viktiga att ta i beaktande då dessa djur undersöks och behandlas, både för ormens och människornas säkerhet och för att nå bästa möjliga slutresultat. Utöver de anatomiska skillnaderna bör veterinären även känna till artens naturliga levnadsmiljö och beteende. Är ormen landlevande eller är det en akvatisk art? Fångar ormen sina byten med gift eller kramar de sina byten ihjäl? Kanske den här arten gör både och? Föder den här arten levande ungar eller lägger den ägg? Har denna en eller två fungerade lungor? Hurdana tänder har denna orm, huggtänder fram, bak eller inga alls? Härav är det klart att utöver den allmänna anatomin bör veterinären även bekanta sig närmare med arten i fråga.

I allmänhet är det lättare för människor att läsa av däggdjuren i förhållande till mera exotiska arter så som ormar. Därför är det viktigt att känna till ormens naturliga levnadsmiljö men även hur dess sinnen fungerar. Ormar har väldigt dålig syn, svag hörsel men ett utmärkt luktsinne. Vissa ormar kan även "se" genom att uppfatta temperaturskillnader i sin omgivning med hjälp av groporganet som är placerat mellan näsborrarna och ögonen. Detta innebär att veterinärer måste ta i beaktande att ormar uppfattar sin omgivning annorlunda och veterinärer måste ändra sitt tankesätt enligt detta. Ormar har även väldigt starka muskler med vilka de korrigerar sin position. Det är viktigt att ormen känner sig säker för att veterinären skall kunna utföra allmänundersökningen säkert. Ormen bör alltså ha ett stadigt underlag eller stöd, t.ex. en person per meter orm. Kunskap inom anatomi räcker dock inte vid allmänundersökning av ormar, enligt mig bör man även exempelvis känna till hur ormar reagerar på olika faror – hugger de eller kramar de? Även giftiga ormar bör behandlas med ytterst försiktighet och helst av sådana som är säkra på vad de gör.

Förutom att allmänundersökningen skall överhuvudtaget lyckas och för att man ska kunna tolka resultat behövs kunskap inom anatomi även i samband med nästa steg: provtagning och

behandling. En veterinär bör veta hur t.ex. blodprov skall tas. Ormarnas hjärta är placerat ventralt och dess pumpande kan nästan ses med blotta ögat. Blodprov kan tas direkt från hjärtat, utan större risker för inre blödningar. Med basis på anatomin vet vi även att ormar har en svansven som är långt från huvudet, d.v.s. det är lättare att undvika att bli biten om det är en svårhanterlig orm. Ifall nedsövning behövs vet vi, med basis på anatomin, att luftstrupen är lättillgänglig och lätt att se, i början av munnen, d.v.s. ormar är lätta att intubera. Dock måste veterinären komma ihåg att ormar kan hålla andan längre tider och att de flesta ormar använder endast ena lungan samt att de har en luftsäck; detta kan påverka övervakningen av anestesi och hur induktionen, samt anestesi överhuvudtaget lyckas. Om mediciner eller övriga läkemedel skall injiceras måste veterinären även komma ihåg att ormar har ett något avvikande njursystem. Detta innebär att ormar endast får injiceras kranialt i förhållande till njurarnas position.

Anatomin hos ormar är även viktig att känna till då veterinären uppskattar hur allvarlig en viss sjukdom är. Ormar har vanligtvis endast en fullt fungerande lunga, vilket innebär att lunginflammationer kan vara väldigt kritiska för ormar. Utan kunskap inom anatomi är även röntgenbilder och ultraljudsundersökningar svåra eller omöjliga att tolka. Exempelvis urskiljningen på honor och hanar kan göras med hjälp av en ultraljudsundersökning. I denna undersökning urskiljer man på könen genom att känna igen hemipenisarna hos hanar och avsaknaden av dessa hos honor. Ett annat sätt att skilja på kön är genom att kolla hur djupt den kaudalt riktade håligheten (där hemipenisarna ligger) är med hjälp av en prob eller genom att tvinga ut hanens hemipenisar. Honor kan lagra sperma i sin kloak och lägga ägg eller föda levande ungar långt efter att hon har varit i kontakt med en hane, vilket är en viktig anatomisk och fysiologisk aspekt att komma ihåg. Detta eftersom äggretention då inte kan uteslutas endast med basis på anamnesen. Ifall äggen eller de krossade äggen bör opereras bort från äggstockarna är det även viktigt att veta att ormar har en stor ventral ven som bör aktas i samband med kirurgi och att huden beter sig annorlunda i förhållande till däggdjurens hud. Dessa exempel visar hur viktig anatomin är samt knyter ihop teori med praktik.

Det förekommer även en hel del likheter mellan de däggdjur som vanligtvis sköts av veterinärer och de mera exotiska ormarna. Det finns ett motsvarande blodomlopp med vener och artärer, man bör bara komma ihåg att hjärtat har tre hjärtrum istället för fyra. Lymfsystemet är motsvarande uppbyggd om man frånsäger avsaknaden av lymfknutarna och närvaron av lymfhjärtorna. Ormar har även ett nervsystem med hjärna, ryggmärg och det perifera nervsystemet. De har även motsvarande hjärnnerver som hos alla däggdjur. Med basis på detta

bör antas att även ormarna känner smärta precis som alla andra. Ormar har hud, tänder, spottkörtlar, matsmältningskanal, lever, bukspottskörtel, mjälte, gallblåsa etc. Dessa finns även hos däggdjur. Hos ormar är dessa endast placerade lite annorlunda, har en annan form och viktighetsordningen mellan olika organ skiljer sig möjligtvis från däggdjuren. Men deras huvudsakliga uppgifter är desamma. De största skillnaderna mellan däggdjur och ormar är nog kloaken.

Det finns en hel del studier om ormarnas anatomi, gällande en del ormfamiljer och ormarter. Det saknas dock mycket studier om vissa organ eller organsystem så som binjurarna och levern. Många av dessa studier har dessutom visat sig vara ganska gamla och möjligtvis även föråldrade gällande teknikerna, då det har kommit nya tekniker efter att de studierna har gjorts. Dessa nya tekniker kan kartlägga ormarnas anatomi mycket snabbare och mera noggrant. De äldre studierna har huvudsakligen baserat sig på nekropsier av enskilda representanter av enskilda arter. Detta sänker pålitligheten och försvårar extrapoleringen av resultaten. I förhållande till många däggdjursarter är studierna om ormarnas anatomi ännu få. I ljuset av detta är det klart att ormarnas anatomi bör studeras mera, både med hjälp av nya tekniker och med äldre metoder. Detta skulle ge värdefull information om flera olika ormars anatomi och denna information skulle också kunna ge oss ny information om ormars sjukdomar, beteende och därmed värdefull information och kanske verktyg även för human medicin.

18 KÄLLOR

Allemand R, Boistel R, Daghfous G, Blanchet Z, Cornette R, Bardet N, Vincent P, Houssaye A. Comparative morphology of snake (Squamata) endocasts: evidence of phylogenetic and ecological signals. *J Anat* 2017, 231:849 – 868.

Anderson G, Secor S. Ontogenetic Shifts and spatial associations in organ positions for snakes. *Zoology* 2015, 118:403 – 412.

Banzato T, Russo E, Finotti L, Milan M, Giancesella M, Zotti A. Ultrasonographic anatomy of the coelomic organs of boid snakes (*Boa Constrictor imperator*, *Python regius*, *Python molurus molurus*, and *Python curtus*). *Am J Vet Res* 2012, 73:634 – 645.

Bishop J. A Histological and Histochemical Study of the Kidney Tubule of the Common Garter Snake, *Thamnophis Sirtalis*, with Special Reference to the Sexual Segment in the Male. *J Morphol* 1959, 104:307 – 57.

Caprette C, Lee M, Shine R, Mokany A, Downhower J. The origin of snakes (Serpentes) as seen through eye anatomy. *Biol J Linn Soc* 2004, 81: 469 – 482.

Chapman S, Conklin R. The lymphatic system of the Snake. *J Morphol* 1935, 58:385-417.
Fry B, Casewell N, Wüster W, Vidal N, Young B, Jackson T. The structural and functional diversification of the Toxicofera reptile venom system. *Toxicon* 2012, 60: 434 – 448.

Da Silva F, Fabre A-C, Savriama Y, Ollonen J, Mahlow K, Herrel A, Müller J, Di-Poi N. The ecological origins of snakes as revealed by skull evolution. *Nat Commun* 2018, 9: 376 – 376

Gartner G, Hicks J, Manzani P, Andrade D, Abe A, Wang T, Secor S, Garland T. Phylogeny, Ecology, and Heart Position in Snakes. *Physiol Biochem Zool* 2010, 83:43 – 54.

Gnudi A, Volta A, Di Ianni F, Bonazzi M, Manfredi S, Bertoni G. Use of Ultrasonography and Contrast Radiography for Snake Gender Determination. *Vet Radiol Ultrasoun*, 2009, 50: 309 – 311.

Halliday T, Adler K. *The New Encyclopaedia of Reptiles and Amphibians*. 2. p. Oxford University Press, Oxford 2002.

Hussein M, Badir N, El Ridi R, Akef M. Lymphoid tissues of the snake, *spalerosophis diadema*, in the different seasons. *Dev Comp Immunol* 1979, 3: 77 – 88.

Iwasaki S, Yoshizawa H, Kawahara I. Three-Dimensional Ultrastructure of the Surface of the Tongue of the Rat Snake, *Elaphe climacophora*. *Anat Rec* 1996, 245: 9 – 12.

Jensen B, Nyengaard J, Pedersen M, Wang T. Anatomy of the Python Heart. *Anat Sci Int* 2010, 85:194 – 203.

Khamas W, Reeves R. Morphological Study of the Oesophagus and Stomach of the Gopher Snake *Pituophis catenifer*. *Anat Histol Embryol* 2011, 40: 307.

Kondoh D, Yamamoto Y, Nakamuta N, Taniguchi K, Taniguchi K. Seasonal Changes in the Histochemical Properties of the Olfactory Epithelium and Vomeronasal Organ in the Japanese Striped Snake, *Elaphe quadrivirgata*. *Anat Histol Embryol* 2011, 41:41 – 53.

Lillywhite H, Albert J, Sheehy C, Seymore R. Gravity and the evolution of cardiopulmonary morphology in snakes. *Comp Biochem Physiol* 2012, 161:230 – 242.

Martill D, Tischlinger H, Longrich N. A four-legged snake from the Early Cretaceous of Gondwana. *Science* 2015, 349:416 – 419.

Martínez-Marcos A, Lanuza E, Halpern M. Neural substrates for processing chemosensory information in snakes. *Brain Res Bull* 2002, 57:543 – 546.

Miller E, Fowler M. *Fowler's zoo and wild animal medicine*. 8 p. Elsevier Saunders, St. Louis, Missouri, Yhdysvallat 2015.

Mitchell M, Diaz-Figueroa O. Clinical Reptile Gastroenterology. Vet clin exot anim 2005, 8:277 – 298.

Moon B. The mechanics of swallowing and the muscular control of diverse behaviours in gopher snakes. J Exp Biol 2000, 203:2589 – 2601.

Moon C. Infrared-sensitive pit organ and trigeminal ganglion in the crotaline snakes. Anatomy and Cell Biology 2011, 44:8 – 13.

Moscona A. Anatomy of the Pancreas and Langerhans Islets in Snakes and Lizards. Anat Rec 1990, 227:232 – 244.

O'Malley B. Clinical anatomy and physiology of exotic species – structure and function of mammals, birds, reptiles and amphibians. 1. p. Elsevier Saunders, Philadelphia, Yhdysvallat 2005.

Oguro C. Parathyroid Gland of the Snake *Elaphe quadrivirgata* with special reference to parathyroidectomy. Gen Comp Endocr 1970, 15:313 – 319.

Peek W, McMillan D. Ultrastructure of the tubular nephron of the Garter Snake *Thamnophis sirtalis*. Am J Anat 1979, 154:103 – 127.

Rehorek S, Halpern M, Firth B, Hutchinson M. The Harderian gland of two species of snakes: *Pseudonaja textilis* (Elapidae) and *Thamnophis sirtalis* (Colubridae). Can J Zool 2003, 81:357 – 363.

Richman J, Handrigan G. Reptilian tooth development. Genesis 2011, 49:247-60.

Rivera S, Lock B. The Reptilian Thyroid and Parathyroid Glands. Vet Clin Exot Anim 2008, 11:163 – 175.

Rojas C, Barros V, Almeida-Santos S. The reproductive cycle of the male sleep snake *Sibynomorphus mikania* (Schlegel, 1837) From Southeastern Brazil. J Morphol 2013, 274:215 – 228.

- Rupik W. Structural and ultrastructural differentiation of the thyroid gland during embryogenesis in the grass snake *Natrix natrix* L. (Lepidosauria, Serpentes). *Zoology* 2011, 114:284 – 297.
- Sever D, Stevens R, Ryan T, Hamlett W. Ultrastructure of the reproductive system of the black swamp snake (*Seminatrix pygaea*). III. Sexual Segment of the Male Kidney. *J Morphol* 2002, 252:238 – 254.
- Siegel D, Miralles A, Aldridge R. Controversial snake relationships supported by reproductive anatomy. *J Anat* 2011, 218:342 – 348.
- Silveira P, Mimura O. Concentrating ability of the *Bothrops jararaca* gallbladder. *Comp Biochem Physiol* 1999, 123:25 – 33.
- Soldt B, Metscher B, Poelmann R, Vervust B, Vonk F, Mueller G, Richardson M. Heterochrony and early left-right asymmetry in the development of the cardiorespiratory system of snakes. *Plos One* 2014, 10:1.
- Souza N, Maggs D, Park S, Puchalski S, Reilly C, Paul-Murphy J, Murphy C. Gross, histologic, and micro-computed tomographic anatomy of the lacrimal system of snakes. *Vet Ophtalmol* 2015, 18:15 – 22.
- Srivastav A, Sasayama Y, Suzuki N. Morphology and Physiological Significance of Parathyroid Glands in Reptilia. *Microsc Res Techniq* 1995, 32:91 – 103.
- Tanaka Y, Hirahara Y. Spleen of the Snake (*Elaphe climacophora*) and intrasplenic vascular architecture. *J Morphol* 1995, 226:223 – 235.
- Vonk F, Admiraal J, Jackson K, Reshef R, De Bakker M, Vanderschoot K, Van Den Berge I, Van Atten M, Burgerhout E, Beck A, Mirtschin P, Kochva E, Witte F, Fry B, Woods A, Richardson M. Snake teeth; evolutionary origin and development of snake fangs. *Nature* 2008, 454: 630

Woltering J. M. From Lizard to Snake; Behind the Evolution of an Extreme Body Plan. *Curr Genomics* 2012 Jun; 13(4): 289 – 299.

Wyneken J. Reptilian Neurology: Anatomy and Function. *Vet Clin Exot Anim* 2007, 10:837 – 853.

Zahradnicek O, Horacek I, Tucker A. Viperous fangs: Development and evolution of the venom canal. *Mech Develop* 2008, 125:786 – 796.

Zipper K, Lillywhite H, Mladinich C. New Vascular System in Reptiles: Anatomy and Postural Hemodynamics of the Vertebral Venous Plexus in Snakes. *J Morphol* 2001, 250:173 – 184.